

AF

- (19) JAPANESE PATENT OFFICE (JP)  
(11) Japanese Patent Publication No. 10-284416  
(12) Patent Gazette (A)  
(43) Date of Publication: October 23, 1998

(51) Int Cl.<sup>6</sup>:                      Classification Symbols: FI:                      Theme Code (Reference)

H 01 L 21/027		H 01 L 21/30 B 518
G 03 F 7/20    521		G 03 F 7/20    521
9/00		9/00 H
G 02 F 1/13    101		G 02 F 1/13    101
		H 01 L 21/30 516Z

Request for Examination: Not yet submitted  
Number of Claims: 6  
FD (Total of 11 pages [in original])

---

- (21) Application No. 9-110484  
(22) Filing Date: April 10, 1997  
(71) Applicant:                      000004112  
                                        Nikon Corp.  
                                        3-2-3 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo  
(72) Inventor:                      Makoto Tsuchiya  
                                        Nikon Corp.  
                                        3-2-3 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo  
(72) Inventor:                      Kei Nara  
                                        Nikon Corp.  
                                        3-2-3 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo  
(74) Agent:                      Katsuhiko Inokuma, Patent Attorney

(54) Scan Type Exposure apparatus and Method

(57) [Summary]

[Task]

To provide a scan type exposure apparatus that can perform high precision scan exposure without depending on the surface precision of a long mirror.

[Means for Solving]

A scan type exposure apparatus comprising a mask 5 on which a pattern is formed, a projection optical system that projects a pattern image onto a photo sensitive substrate 6, and a first moving mechanism that synchronizes the mask and photo sensitive substrate in relation to the projection optical system, and moves these in first direction  $y$  that is orthogonal to the optical axis of the projection optical system, [the device being] equipped with a first reflective mirror 7 that is fixed along the first direction  $y$  and that has a reflective surface that faces mask 5, a second reflective mirror 8 that is fixed along first direction  $y$  and has a reflective surface that faces photo sensitive substrate 6, a first interference system  $I_{my}$  that detects the distance between the mask and first reflective mirror according to the movement of the first movement mechanism, a second interference system  $I_{py}$  that detects the distance between the photo sensitive substrate and second reflective mirror according to the movement of the first movement mechanism, and a memory means 26 that stores data related to the difference in the degree of flatness of both reflective surfaces obtained based on the detection results of both interference systems  $I_{my}$  and  $I_{py}$ .

[figure]

#### Claims

[Claim 1] A scan type exposure apparatus comprising a mask on which a pattern is formed, a projection optical system that projects the pattern image of said mask onto a photo sensitive substrate, and a first moving mechanism that synchronizes said mask and said photo sensitive substrate in relation to said projection optical system, and moves these in first direction that is orthogonal to the optical axis of said projection optical system,

the scan type exposure apparatus being equipped with a first reflective mirror that is fixed along said first direction and that has a reflective surface that faces a designated end surface of said mask,

a second reflective mirror that is fixed along said first direction and has a reflective surface that faces a designated end surface of said photo sensitive substrate,

a first interference system that detects volume relating to the distance between said designated end surface of said mask and said first reflective mirror according to said movement of said first movement mechanism,

a second interference system that detects volume relating to the distance between said designated end surface of said photo sensitive substrate and said second reflective mirror according to said movement of the said first movement mechanism,

and a memory means that stores data related to the difference in the degree of flatness of said reflective surface of said first reflective mirror and said reflective surface of said second reflective mirror obtained based on the detection results of said first interference system and said second interference system.

[Claim 2] The scan type exposure apparatus of claim 1, provided with a second moving mechanism that moves at least one of said mask and said photo sensitive substrate in a direction that is orthogonal to said projection optical system optical axis and said first direction, and

a control means that controls said second moving mechanism based on said data stored in said memory means during said movement by said first moving mechanism.

[Claim 3] The scan type exposure apparatus of claim 1, wherein the data relating to said difference in the degree of flatness is supplemented by data relating to the degree of flatness of said reflective surface of said first reflective mirror and said reflective surface of said second reflective mirror before said fixing.

[Claim 4] A scan type exposure method that projects a mask pattern image on a photo sensitive substrate using a projection optical system while also synchronizing said mask and said photo sensitive substrate in relation to said projection optical system, moves these in a first direction that is orthogonal to the optical axis of said projection optical system, and exposes said mask pattern image, wherein the scan type exposure method includes

a first step of discretely detecting the volume relating to the distance between the first reflective mirror that has a reflective surface that faces a designated end surface of said mask and is fixed along said first direction and the designated end surface of said mask according to said movement,

a second step of discretely detecting the volume relating to the distance between the second reflective mirror that has a reflective surface that faces a designated end surface of said photo sensitive substrate and that is fixed along said first direction and the designated end surface of said photo sensitive substrate according to said movement, and

a step of obtaining data related to the difference in the degree of flatness of said reflective surface of said first reflective mirror and said reflective surface of said second reflective mirror based on the detection results of said first and second steps.

[Claim 5] The scan type exposure method of claim 4 wherein said step of obtaining data relating to the difference in degree of flatness obtains this based on data related to the degree of flatness of said reflective surface of said first reflective mirror and said reflective surface of said second reflective mirror before said fixing.

[Claim 6] The scan type exposure method of claim 4 or 5 including a step of moving at least one of said mask and said photo sensitive substrate in a direction that is orthogonal to

the optical axis of said projection optical system and said first direction according to said data relating to the difference in degree of flatness during exposure.

## Detailed Description of the Invention

[0001]

### Technical Field of the Invention

The present invention relates to a scan type exposure apparatus and particularly relates to correction of displacement of the mask stage and plate stage midway during scanning.

[0002]

### Problems the Invention Attempts to Solve

To deal with recently increasing large scale liquid crystal substrates, disclosed in Patent Application No. 8-184113 is technology that does scan exposure that does not require stricter surface precision of a long mirror that extends in the scan direction which is a reference for measuring relative displacement between the mask and plate for the horizontal direction that is orthogonal to both the mask normal line and scan direction. However, with this technology, when there are undulations at short cycles on the long mirror, there was the problem that it is not possible to keep a high precision level at which the displacement between the mask and plate can be ignored. Taking into consideration this problem, the goal of the present invention is to provide a scan type exposure apparatus and its method which can do high precision scan exposure without depending on the surface precision of the long mirror.

[0003]

### Means for Solving the Problem

The present invention was created to solve the problems noted above, and explaining an embodiment with reference to figure 1, this is a scan type exposure apparatus comprising a mask (5) on which a pattern is formed, a projection optical system that projects the pattern image of said mask onto a photo sensitive substrate (6), and a first moving mechanism that synchronizes said mask and said photo sensitive substrate in relation to said projection optical system, and moves these in a first direction that is orthogonal to the optical axis of said projection optical system, with the scan type exposure apparatus being equipped with a first reflective mirror (7) that is fixed along said first direction and that has a reflective surface that faces a designated end surface of said mask, a second reflective mirror (8) that is fixed along said first direction and has a reflective surface that faces a designated end surface of said photo sensitive substrate, a first interference system ( $I_{my}$ ,  $I_{ck}$ ,  $I_{x1}$ ,  $I_{x2}$ ) that detects volume relating to the distance between

said designated end surface of said mask and said first reflective mirror according to said movement of said first movement mechanism, a second interference system ( $I_{py}$ ,  $I_{ck}$ ,  $I_{x1}$ ,  $I_{x2}$ ) that detects relating to the distance between said designated end surface of said photo sensitive substrate and said second reflective mirror according to said movement of the said first movement mechanism, and a memory means (26) that stores data related to the difference in the degree of flatness of said reflective surface of said first reflective mirror and said reflective surface of said second reflective mirror obtained based on the detection results of said first interference system and said second interference system.

[0004]

The present invention is also a scan type exposure method that projects a mask (5) pattern image on a photo sensitive substrate (6) using a projection optical system while also synchronizing said mask and said photo sensitive substrate in relation to said projection optical system, moves these in a first direction that is orthogonal to the optical axis of said projection optical system, and exposes said mask pattern image, wherein the scan type exposure method includes a first step of discretely detecting the volume relating to the distance between the first reflective mirror (7) that has a reflective surface that faces a designated end surface of said mask and is fixed along said first direction and the designated end surface of said mask according to said movement, a second step of discretely detecting the volume relating to the distance between the second reflective mirror (8) that has a reflective surface that faces a designated end surface of said photo sensitive substrate and that is fixed along said first direction and the designated end surface of said photo sensitive substrate according to said movement, and a step of obtaining data related to the difference in the degree of flatness of said reflective surface of said first reflective mirror and said reflective surface of said second reflective mirror based on the detection results of said first and second steps.

[0005]

#### Embodiments of the Invention

We will explain an embodiment of the present invention using figures. Figure 1 shows the schematic structure of one working example of the scan type exposure apparatus of the present invention. In the following explanation, the coordinate system is such that the scan direction, specifically the vertical direction, is the x axis, and the horizontal direction that is orthogonal to the x axis within the same plane of mask 5 is the y axis, and the z axis is the normal line direction of mask 5. The illumination light that is radiated from a light source (not illustrated) such as a super high pressure mercury lamp is led to five illumination optical systems (not illustrated) via optical fiber or the like (not illustrated). Each illumination optical system is constructed respectively including a fly-eye lens and a

field stop, etc. (not illustrated). Each illumination light radiated from the respective illumination optical system is evenly illuminated on different illumination areas 14a to 14e on mask 5. Each light beam that passes through mask 5 goes via a projection optical system PL (see figure 9) that has five projection lens units that perform imaging of equal magnification erect images, these are exposed on different exposure areas 15a to 15e on plate 6 which is a photo sensitive substrate, and in this way, the pattern images of illumination areas 14a to 14e on mask 5 are formed on plate 6. Each of the illumination areas 14a to 14e is arranged discretely, but these are formed such that the estimated width estimated in the x direction of the width of the x direction of each illumination area 14a to 14e is continuous in the y direction having the same width.

[0006]

Each illumination optical system and each projection optical system is supported by stand 1. Carriage 2 that is scan driven in the x direction by a drive device (not illustrated) is mounted on stand 1, and mask stage 3 and plate stage 4 are held on this carriage 2. Mask 5 is held on mask stage 3, plate 6 is held on plate stage 4, and by scanning carriage 2 in the x direction in this way, the entire pattern on mask 5 is transferred onto plate 6. Mask stage 3 is supported on carriage 2 via fine adjusters 9 to 11, specifically, the structure is such that fine adjustment of the x direction of mask stage 3 can be done by x direction fine adjuster 9, and the mask stage 3 y direction position and rotation direction around the z axis can be finely adjusted by y direction fine adjusters 10 and 11.

[0007]

Meanwhile, to correct the effect of plate 6 thickness unevenness or slanting, and to simultaneously match the mask pattern image forming surface, plate stage 4 is supported by carriage 2 via three or more z direction fine adjusters (not illustrated), and in this way, the structure is such that the z direction fine adjustment (auto focus) and adjustment of the slope angle (auto leveling) around the x axis and around the y axis can be done. Mask long mirror 7 and plate long mirror 8 are also fixed to stand 1. Both long mirrors 7 and 8 are reflective mirrors extending lengthwise in the x direction, and the normal line of their reflective surfaces face the y direction. Mask long mirror 7 is arranged facing mask stage 3, and plate long mirror 8 is arranged facing plate stage 4.

[0008]

Figure 9 is a perspective view that partially shows the scan type exposure apparatus of figure 1. Projection optical system PL has five projection lens units arranged in staggered form to project light beams that pass through each of illumination areas 14a to 14e onto plate 6. Note that the five projection lens units in figure 9 are representations to express projection optical system PL, and AX indicates the light axis of projection optical

system PL. As is clear from figure 9, mask long mirror 7 and plate long mirror 8 are arranged along the X direction which is the first direction that is orthogonal to light axis AX of projection optical system PL.

[0009]

Returning to figure 1, the position and attitude of mask stage 3 and plate stage 4 are monitored by six interferometers  $I_{x1}$ ,  $I_{x2}$ ,  $I_{cx}$ ,  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ , and  $I_{ck}$  as noted below. First, differential type interferometer  $I_{x1}$  is for measuring the relative displacement of mask stage 3 and plate stage 4 in the x direction (vertical displacement). Specifically, the laser light beams that are radiated from the laser light source (not illustrated) that is fixed to stand 1 are divided by beam splitter 16a that is fixed to stand 1, and each of the divided light beams is reflected by reflective mirrors 16b and 16d that are respectively fixed to stand 1, reflected by reflective mirrors 16c and 16e that are respectively fixed to mask stage 3 and plate stage 4, synthesized by beam splitter 16a after passing in reverse through the outward journey path, undergo interference, and then are made incident on the receiver (not illustrated) of interferometer  $I_{x1}$ .

[0010]

Differential type interferometer  $I_{x2}$  is for measuring relative displacement of mask stage 3 and plate stage 4 in the x direction (vertical displacement) at a position that is different from the y direction of interferometer  $I_{x1}$ . Specifically, the laser light beams for interferometer  $I_{x2}$  are divided by beam splitter 17a, and each of the divided light beams is respectively reflected by reflective mirrors 17b and 17d, respectively reflected by reflective mirrors 17c and 17e that are each fixed to mask stage 3 and plate stage 4, synthesized by beam splitter 17a after passing in reverse through the outward journey path, and then are made incident on the receiver of interferometer  $I_{x2}$ . Note that the interval between reflective mirrors 16c and 17c that are fixed to mask stage 3 is equal to the interval between reflective mirrors 16e and 17e that are fixed to plate stage 4, and hereafter the interval will be called H. It is preferable that the positions of reflective mirrors 16c and 17c on mask stage 3 and of reflective mirrors 16e and 17e on plate stage 4 be an equal distance from the center of each stage 3 and 4.

[0011]

Length measurement type interferometer  $I_{cx}$  is for measuring the movement distance of carriage 2. Specifically, the laser light beams for interferometer  $I_{cx}$  are divided by beam splitter 18a, and each of these divided light beams is respectively reflected by reflective mirrors 18b and 18d that are fixed to stand 1, with one light beam being reflected by reflective mirror 18c that is fixed on mask stage 3, and the other light beam being reflected by fixed mirror 18e that is fixed to the projection optical system, and both light

beams are synthesized by beam splitter 18a after passing in reverse through the outward journey path, undergo interference, and are made incident on the receiver of interferometer  $I_{cx}$ . In this way, the x direction distance of mask stage 3 and fixed mirror 18e is measured by interferometer  $I_{cx}$ .

[0012]

Length measurement type interferometer  $I_{my}$  is for measuring the y direction distance between mask stage 3 and mask long mirror 7. Also, length measurement type interferometer  $I_{py}$  is for measuring the y direction distance between plate stage 4 and plate long mirror 8. Both interferometers  $I_{my}$  and  $I_{py}$  have the same structure, so the explanation for interferometer  $I_{my}$  will be noted outside the parentheses, and the explanation of interferometer  $I_{py}$  will be noted inside the parentheses. Specifically, the laser light beams for interferometer  $I_{my}$  ( $I_{py}$ ) are divided into two light beams by beam splitter 19a (20a) fixed to mask stage 3 (plate stage 4). Of these two light beams, the light beam that was transmitted through beam splitter 19a (20a) passes through  $\lambda/4$  plate 19d (20d) that is placed on mask stage 3 (plate stage 4), reflected by reflective mirror 19b (20b) that is mounted on mask stage 3 (plate stage 4), and again passes through  $\lambda/4$  plate 19d (20d). The light beam that passed through  $\lambda/4$  plate 19d (20d) respectively reflects beam splitter 19a (20a), corner cube 19c (20c) that is mounted on mask stage 3 (plate stage 4), and beam splitter 19a (20a), passes through  $\lambda/4$  plate 19d (20d), is reflected by reflective mirror 19b (20b), and respectively passes through  $\lambda/4$  plate 19d (20d) and beam splitter 19a (20a) and made incident on the receiver of interferometer  $I_{my}$  ( $I_{py}$ ).

[0013]

The light beams reflected upward by beam splitter 19a (20a) of the light beams divided by beam splitter 19a (20a) pass through  $\lambda/4$  plate 19e (20e) and are reflected by long mirror 7 (8), then pass respectively through  $\lambda/4$  plate 19e (20e) and beam splitter 19a (20a) and are reflected by corner cube 19c (20c). The light beams reflected by corner cube 19c (20c) respectively pass through beam splitter 19a (20a) and  $\lambda/4$  plate 19e (20e), are reflected by long mirror 7 (8), pass through  $\lambda/4$  plate 19e (20e), are reflected by beam splitter 19a (20a), and are made incident on the receiver of interferometer  $I_{my}$  ( $I_{py}$ ). By doing this, the light beams that are divided into two light beams by beam splitter 19a (20a) are again synthesized by beam splitter 19a (20a) and undergo interference and are then made incident on the receiver.

[0014]

Differential type interferometer  $I_{ck}$  is for measuring relative displacement of mask stage 3 and plate stage 4 in the y direction. Specifically, the laser light beams for interferometer  $I_{ck}$  are divided by beam splitter 21a, and each of the divided light beams is



respectively reflected on reflective mirrors 21b and 21d that are fixed on stand 1, with one light beam being reflected by reflective mirror 21c on mask stage 3 and then reflected by mask long mirror 7. The other light beam is reflected by reflective mirror 21e on plate stage 4 and then reflected by plate long mirror 8. Both light beams pass in reverse through the outward journey path, are synthesized by beam splitter 21a and undergo interference, and are made incident on the receiver of interferometer  $I_{ck}$ . Note that the x direction interval between corner cube 19c fixed to mask stage 3 and reflective mirror 21c is equal to the x direction interval between corner cube 20c fixed to plate stage 4 and reflective mirror 21e, and hereafter, this interval is referred to as L.

[0015]

The position of carriage 2 is x, the relative position displacement volume (vertical displacement volume) in the x direction of mask stage 3 and plate stage 4 is  $\Delta X(x)$ , the relative position displacement volume (horizontal displacement volume) in the y direction is  $\Delta Y(x)$ , and the relative angle displacement volume around the z axis is  $\Delta T(x)$ . Also, the difference in degree of flatness of both long mirrors 7 and 8 is  $\Delta h(x)$ . The difference in degree of flatness  $\Delta h$  is the y direction relative position displacement volume (horizontal displacement volume) of the reflective surface of mask long mirror 7 and the reflective surface of plate long mirror 8. To express the measured values of each interferometer  $I_{x1}$ ,  $I_{x2}$ ,  $I_{cx}$ ,  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ , and  $I_{ck}$ , when using the same characters, these are as follows.

$$\Delta X(x) = (I_{x1} + I_{x2})/2 \quad (1)$$

$$\Delta T(x) = (I_{x1} - I_{x2})/H \quad (2)$$

$$\Delta Y(x) = I_{my} - I_{py} - \Delta h(x) \quad (3)$$

[0016]

Of the formulas (1) through (3) noted above, the values of vertical displacement  $\Delta X$  of formula (1) and of angle displacement  $\Delta T$  of formula (2) are obtained immediately from the measured values of interferometers  $I_{x1}$  and  $I_{x2}$ . Also, for horizontal displacement  $\Delta Y$  of formula (3), with difference in degree of flatness  $\Delta h$  as the function of position x of carriage 2, this is stored within memory device in control device 25, and from the measured values of this  $\Delta h(x)$  and interferometers  $I_{my}$  and  $I_{py}$ , horizontal displacement  $\Delta y$  is obtained. In this way, fine adjusters 9 to 11 are driven by control device 25 in relation to vertical displacement  $\Delta X$ , horizontal displacement  $\Delta Y$ , and angle displacement  $\Delta T$  in the x-y plane, and by doing fine adjustment of the mask stage 3 position within the x-y plane, the relative positional relationship of mask stage 3 and plate stage 4 are kept constant during scan exposure.

[0017]

Following, we will explain the method of obtaining the difference in degree of flatness  $\Delta h(x)$  of both long mirrors 7 and 8. This difference in degree of flatness  $\Delta h(x)$  depends on the surface mirror shape of long mirrors 7 and 8 themselves, and on the attachment attitude of each long mirror 7 and 8 to stand 1. This working example does continuous measurement of the mirror surface shape of long mirrors 7 and 8 themselves on the one hand, and discretely measures the difference in degree of flatness  $\Delta h(x)$  when each long mirror 7 and 8 is attached to stand 1 on the other hand, and after that, by interpolating the continuous difference in shape of both long mirrors 7 and 8 within each section of discretely obtained difference in degree of flatness  $\Delta h$ , the difference in degree of flatness  $\Delta h$  is obtained as a continuous function of  $x$ .

[0018]

In light of this, first, we will explain a method of continuously obtaining the mirror surface shape of long mirrors 7 and 8 themselves. Figure 2 is a diagram that shows the overview for continuously measuring the surface precision of long mirrors 7 and 8. It is efficient to do this measurement before incorporating to stand 1, for example, confirming and measuring the surface precision together when polishing of long mirrors 7 and 8 ends. It is also preferable that the attitude of long mirrors 7 and 8 during measurement be the same attitude as when incorporated to stand 1.

[0019]

The laser light beams that are radiated from laser light source 30 have their light diameter expanded by beam expander 31, and they pass through lens 32 and become parallel light rays. Next, the laser light is transmitted through half mirror 33, and part of the transmitted light is reflected by reference surface 35 that is provided on the final surface of the Fizeau component, and this passes in the reverse direction through the outgoing journey path and returns to half mirror 33. An anti-reflection film is coated on the rear surface 34 of reference surface 35. On the other hand, the laser light that is transmitted through reference surface 35 is reflected by mask long mirror 7 (or plate long mirror 8), and then passes in reverse through the outgoing journey path and returns to half mirror 33. The laser light that is reflected by reference surface 35 and the laser light that is reflected by long mirror 7 (8) undergoes interference, is reflected by half mirror 33, and reaches detector 36. In this way, it is possible to measure the surface precision of long mirror 7 (8) in relation to reference surface 35 using detector 36, specifically, it is possible to find the degree of flatness at any point of long mirror 7 (8).

[0020]

As the scale of the liquid crystal substrate becomes larger, it is expected that long mirror 7 (8) will become longer, but when it becomes longer than reference surface 35, by

displacing long mirror 7 (8) and measuring several times, it is possible to measure the entire surface. However, in this case, it is necessary to overlap the measurement points according to the interferometers  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ , and  $I_{ck}$  described later and measure. Also, with figure 2, we used a Fizeau interferometer to measure the surface precision of long mirror 7 (8), but the measurement method is not limited to this.

[0021]

Next we will explain a method of doing discrete measurement of the difference in degree of flatness of the long mirrors. To measure, measurement is done at each fixed measurement interval  $L$  while scanning carriage 2. By the time measurement is done, mask stage 3 and plate stage 4 are fixed relative to each other, specifically, fine adjusters 9 to 11 are not driven. Interval  $L$  for which measurement is done is the  $x$  direction interval between the position at which the light beams of interferometer  $I_{my}$  or interferometer  $I_{py}$  are reflected by long mirror 7 or long mirror 8 and the position at which the light beams of interferometer  $I_{ck}$  are reflected by long mirror 7 and long mirror 8. Measurement is performed as follows. The values of interferometers  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ , and  $I_{ck}$  when carriage 2 is moved to one end of long mirrors 7 and 8 are measured. Next, while measuring the position of carriage 2 with interferometer  $I_{cx}$ , the position of carriage 2 is moved by an amount  $L$ , and the values of interferometers  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ , and  $I_{ck}$  are measured at that position. Following, in the same manner, the values of interferometers  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ , and  $I_{ck}$  are measured each time the position of carriage 2 is moved by an amount  $L$ .

[0022]

To make things simple, following, the measured value of interferometers  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ , and  $I_{ck}$  at discretely measured position  $i$  on the long mirrors are noted as  $I_{my}(i)$ ,  $I_{py}(i)$ , and  $I_{ck}(i)$ . Specifically, when a discrete position is signified, a variable  $i$  is used, and when a continuous position is signified, a variable  $x$  is used. Clearly,  $I_{my}(i)$ ,  $I_{py}(i)$ , and  $I_{ck}(i)$  are measured at the same carriage 2 position. Also, the interferometer values at the measurement start positions are  $I_{my}(1)$ ,  $I_{py}(1)$ , and  $I_{ck}(0)$ .

[0023]

Interferometer  $I_{my}$  measures the  $y$  direction distance between mask stage 3 and mask long mirror 7, and interferometer  $I_{py}$  measures the  $y$  direction distance between plate stage 4 and plate long mirror 8. Therefore, the measured values of both these interferometers  $I_{my}$  and  $I_{py}$  include, in addition to difference in degree of flatness  $\Delta h$  of both long mirrors 7 and 8, the rolling error ( $x$  axis area rotation) of carriage 2 and the offset during interferometer reset. The difference in degree of flatness of both long mirrors at measurement position  $i$  is  $\Delta h(i)$ , the rolling volume is  $r(i)$ , and the offset during reset of interferometers  $I_{my}$  and  $I_{py}$  are respectively  $A$  and  $B$ .

[0024]

When  $I_y(i)$  is newly defined as

$$I_y(i) = [\text{triple equal sign}] I_{my}(i) - I_{py}(i) \quad (4)$$

as the difference in the measured value of both interferometers  $I_{my}$  and  $I_{py}$ , the following formula is established.

$$I_y(i) = [\text{triple equal sign}] I_{my}(i) - I_{py}(i) = \Delta h(i) + r(i) + A - B \quad (5)$$

In formula (5),  $I_y(i)$  is a measured value, and the right side member is unknown.

[0025]

Also, interferometer  $I_{ck}$  measures y direction position displacement of mask stage 3 and plate stage 4 via both long mirrors 7 and 8. Therefore, the measured value of interferometer  $I_{ck}$  includes, in addition to difference in degree of flatness  $\Delta h$  of both long mirrors 7 and 8 and error  $r$  that is caused by rolling of carriage 2, further includes vertical displacement  $\Delta X$  of mask stage 3 and plate stage 4 and the position displacement due to angle displacement  $\Delta T$  around the z axis. Also, the rolling volumes included in the measured value of interferometers  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ , and  $I_{ck}$  that were measured simultaneously are equal. Therefore,  $I_{ck}(i-1)$  is expressed by the following formula.

$$I_{ck}(i-1) = \Delta h(i-1) + r(i) + C + \Delta X(i-1) + \Delta T(i-1) \cdot H \quad (6)$$

[0026]

Since vertical displacement  $\Delta X$  and angle displacement  $\Delta T$  are measured values, when  $I_{ck}'$  is defined by formula (7), formula (6) becomes formula (8).

$$I_{ck}'(i) = [\text{triple equal sign}] I_{ck}(i) - \Delta X(i) - \Delta T(i) \cdot H \quad (7)$$

$$I_{ck}'(i-1) = \Delta h(i-1) + r(i) + C \quad (8)$$

In formula (8),  $I_{ck}'(i-1)$  is a measured value, and the right side member is unknown.

[0027]

Furthermore, to eliminate error  $r$  that is due to rolling of carriage 2, when  $\Delta H$  is defined by formula (9), from formula (5) and formula (8),  $\Delta H$  becomes as shown in formula (10).

$$\Delta H(i) = [\text{triple equal sign}] I_y(i) - I_{ck}'(i-1) \quad (9)$$

$$\Delta H(i) = \Delta h(i) - \Delta h(i-1) + A - B - C \quad (10)$$

In formula (10),  $\Delta H(i)$  is obtained from the measured values of interferometers  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ ,  $I_{ck}$ ,  $I_{x1}$ , and  $I_{x2}$ , and the right side member is unknown.

[0028]

When a sum from  $\Delta H(i)$ 's  $i = 1$  to  $i = k$  ( $k \geq 1$ ) is  $S(k)$ , and long mirror position  $k$  is newly noted as position  $i$ , the result is:

$$S(i) = [\text{triple equal sign}] \Delta H(1) + \Delta H(2) + \dots + \Delta H(i) \quad (11a)$$

$$S(i) = \Delta h(1) - \Delta h(0) + A - B - C$$

$$\begin{aligned}
& + \Delta h (2) - \Delta h (1) + A - B - C \\
& + \dots + \\
& + \Delta h (i) - \Delta h (i - 1) + A - B - C \\
& = \Delta h (i) - \Delta h (0) + (A - B - C) \times i \quad (i \geq 1) \quad (11b)
\end{aligned}$$

In formula (11b),  $S (i)$  is a measured value, and the right side member is unknown. By this means, from formula (11b), the result at position  $i$  is

$$\Delta h (i) = S (i) + \Delta h (0) - (A - B - C) \times i \quad (i \geq 1) \quad (12)$$

When  $i = 0$ , and  $S (0) = [\text{triple equal sign}] 0$  is set, formula (12) is also established when  $i = 0$ .

[0029]

In the right side member of formula (12),  $S (i)$  is a measured value, and  $\Delta h (0)$  and  $(A - B - C) \times i$  are unknown quantities. Of these,  $\Delta h (0)$  is always a constant offset regardless of the long mirror measurement position  $i$ , so as is clear from formula (3), there is no change in the horizontal displacement volume  $\Delta Y (x)$  between mask stage 3 and plate stage 4, in other words, there is no error when alignment of mask stage 3 and plate stage 4 is done. Meanwhile,  $(A - B - C) \times i$  undergoes a linear change depending on the long mirror position  $i$ , so it is necessary to find its coefficient  $(A - B - C)$ . In light of this, next we will show how to find the coefficient  $(A - B - C)$ .

[0030]

First, as a first process, to measure  $S (i)$  in formula (12), carriage 2 is scanned, and the measured value of each interferometer is measured. At this time, as described previously, the vertical displacement volume  $\Delta X$  between mask stage 3 and plate stage 4 is continuously measured by formula (1), and angle displacement volume  $\Delta T$  within the  $x$ - $y$  plane is continuously measured by formula (2), so while keeping these displacement volumes  $\Delta X$  and  $\Delta T$  constant, it is possible to scan carriage 2. However, for horizontal displacement volume  $\Delta Y$ , not only is difference in degree of flatness  $\Delta h (x)$  unknown, but its discrete value  $\Delta h (i)$  is also unknown, so it is not possible to keep horizontal displacement volume  $\Delta Y$  constant. In light of this, first, carriage 2 is scanned without doing any adjustment at all of the horizontal displacement, and the measured values  $I_{my} (i)$  and  $I_{py} (i)$  of interferometers  $I_{my}$  and  $I_{py}$  are measured at  $x = 0, L, 2 \times L, \dots, i \times L$ , and ... at that time. Next, as a second process,  $S (i)$  is found using formula (11a).

[0031]

Next, as a third process, to find  $(A - B - C)$  in formula (12), mask 40 for error measurement shown in figure 3 is set on mask stage 3, the plate for error measurement is set on plate stage 4, and the first scanning exposure is performed. However, though  $S (i)$  in formula (12) was already known, coefficient  $(A - B - C)$  is unknown, so this coefficient  $(A$

– B – C) is ignored, specifically, as a tentative formula of the difference in degree of flatness of both long mirrors, the following is used.

$$\Delta h(i) = S(i) \quad (13)$$

Also, since  $i$  is a discrete value, the space between  $\Delta h(i)$  and  $\Delta h(i + 1)$  is interpolated as a linear expression. Specifically, the relationship of measurement position  $i$  and position  $x$  of carriage 2 measured by interferometer  $I_{cx}$  is expressed by the following formula when the value of interferometer  $I_{cx}$  at the measurement start position is 0.

$$x = i \times L \quad (14)$$

[0032]

Therefore, the tentative expression  $\Delta h(x)$  of the difference in degree of flatness of both long mirrors when carriage 2 is between the measured value  $i$  on the long mirror and  $i + 1$  is expressed by the following formula.

$$\Delta h(x) = [\Delta h(i + 1) - \Delta h(i)] \times (x/L - i) + \Delta h(i) \quad (15)$$

By this means, since the tentative value of the difference in degree of flatness of both long mirrors is continuously obtained by formula (13) and formula (15), the horizontal displacement volume  $\Delta Y$  between mask stage 3 and plate stage 4 is found by formula (3), and carriage 2 is scanned while this horizontal displacement volume  $\Delta Y$  is kept constant.

[0033]

Figure 3 shows mask 40 for error measurement, and multiple marks 41 are drawn on this mask 40 at one row in the  $x$  direction and at every interval  $L$  in the  $y$  direction. The  $y$  direction interval of mark 41 is preferably matched to the measurement interval  $L$  for discrete measurement of the degree of flatness of both long mirrors. Figure 4 shows an expanded diagram of one mark 41, and is a pattern for detecting the exposure position. In this same figure, the cross-hatched part is a light-blocked area, and the cross mark part is the light transmission area. Here, we used a cross mark for the exposure position detection, but any mark can be used as long as it is a mark that allows detection of the exposure position. Also, a pair of mask alignment marks 42 and 43 and a pair of plate alignment marks 44 and 45 are drawn on mask 40 for error detection. As shown in figure 3, both marks 42 and 43 and 44 and 45 are arranged slightly displaced in both the  $x$  direction and  $y$  direction.

[0034]

After scan exposure of mask 40, the plate is developed. As shown in figure 5, in addition to transfer marks 49 of multiple marks 41, transferred onto plate 48 are transfer marks (not illustrated) of mask alignment marks 42 and 43 and transfer marks 46 and 47 of plate alignment marks 44 and 45. Next, both mask 40 and the plate are rotated by 90 degrees, these are respectively set on mask stage 3 and plate stage 4, and alignment is

performed for mask alignment marks 42 and 43 on mask 40 and for alignment mark transfer marks 46 and 47 on plate 48. Specifically, the relative positional error of both marks 42 and 43 and 46 and 47 is measured by alignment microscopes 12 and 13, fine adjusters 9 to 11 are driven, the positions of both marks 42 and 43 and 46 and 47 are aligned, and after that a second exposure is performed.

[0035]

Mask alignment marks 42 and 43 on mask 40 and plate alignment marks 44 and 45 are arranged slightly displaced in the x and y directions, and during the second exposure, the positions are matched for mask alignment marks 42 and 43 and the transfer marks for the plate alignment marks. Therefore, exposure is performed with mask 40 and plate 48 displaced by the interval between mask alignment marks 42 and 43 and plate alignment marks 44 and 45 between the first exposure and the second exposure.

[0036]

As a result, as shown in figure 6, image 49 of multiple marks 41 obtained by two exposures is an image with two cross marks. The interval between both cross marks is measured with a microscope, etc., and from this measured value, by taking away the position displacement volume of mask 40 and plate 48, it is possible to know the net displacement volume between both cross marks. Here, for control of fine adjusters 9 to 11, precise control is done in the x direction, and control in the y direction is done using the tentative formula. Therefore, there is no displacement in the x direction between mark 41 and its image, and positional displacement occurs only by the amount of error due to control using the tentative formula in the y direction. Specifically, for the first exposure, there is no displacement in the x direction between mark 41 and its image, and since there was a 90 degree rotation at the time of the second exposure, for the arrangement during the second exposure, there is no displacement in the y direction between mark 41 and its first time image. Also, for placement at the time of the second exposure, positional displacement occurs only by the amount of error due to controlling using the tentative formula in the y direction between the mark 41 and its second time image. Therefore, by measuring the net displacement volume in the y direction between both cross marks, it is possible to know the error due to controlling using the tentative formula.

[0037]

Next, as a fourth process, we will find coefficient (A – B – C). Figure 7 is a diagram that takes the position i of mark 41 as the horizontal axis, and plots the net positional displacement volume in the y direction, specifically the horizontal direction, on the vertical axis. Since the net positional displacement volume in the horizontal direction is as follows:

$$-\Delta h(0) + (A - B - C) \times i \quad (16)$$

when regression line 50 is found from the points plotted in figure 7, the gradient of this is coefficient  $(A - B - C)$ . By this means, it is possible to obtain the discrete difference in degree of flatness  $\Delta h(i)$  of both long mirrors from formula (12).

[0038]

For control of the fine adjusters for the third process, proper control is performed for each measurement point from measuring  $S(i)$  except for the points that ignore  $(A - B - C) \times i$ . Therefore, it is preferable that the measuring points for measuring net horizontal displacement volume match the measuring points when finding  $S(i)$ . This is because when net horizontal displacement volume is measured at points other than the measuring points when finding  $S(i)$ , there is the risk that elements other than  $(A - B - C) \times i$  will be added. To match the measuring points for measuring net horizontal displacement volume and the measuring points when finding  $S(i)$ , first, it is necessary to match the interval of marks 41 to the measurement interval  $L$  when finding  $S(i)$ . Next, to match the measuring points themselves, when finding the reference position in the scanning direction of carriage 2, with mask 40 set with the second exposure placement, the reference position can be the place where the carriage is moved by an integral multiple of  $L$  from the place where mark 41 on mask 40 matches the exposure position. Note that it is of course possible to invert the sequence of the first exposure and the second exposure.

[0039]

Also, when matching the measuring points for measuring the net horizontal displacement volume and the measuring points when finding  $S(i)$  in this way, there is no particular problem with fine adjuster control at the intermediate position of each measuring point. Therefore, with this working example, a simple linear interpolation between each measuring point was done, but, for example, it is also possible to do interpolation according to the actual difference in degree of flatness of both long mirrors. This method of interpolation using the actual difference in degree of flatness of both long mirrors between each measuring point in this way is effective when it is difficult to match the measuring points for measuring net horizontal displacement volume and the measuring points when finding  $S(i)$ .

[0040]

Also, instead of the method of discretely measuring  $y$  direction positional displacement using the second exposure, it is also possible to discretely measure  $y$  direction positional displacement as follows without performing exposure. Specifically, as shown in figures 8 (a) and (b), at one side of the  $y$  direction of mask 60 for error measurement and plate 61, place each of multiple alignment marks 62 and alignment marks 63 at interval  $L$  in the  $x$  direction, and place each of the alignment marks 62b and alignment marks 63b at the



other end in the y direction. By setting this mask 60 and plate 61 respectively on the mask stage and plate stage, aligning one alignment mark 62a of the multiple alignment marks 62 on mask 60 and one alignment mark 63a of the multiple alignment marks 63 on the plate 61, and aligning alignment mark 62b on mask 6 and alignment mark 63b on plate 61, plate 61 is positioned on mask 60.

[0041]

Next, carriage 2 is scanned while precisely controlling vertical displacement volume  $\Delta X$  using formula (1), precisely controlling angle displacement volume  $\Delta T$  within the x-y plane using formula (2), and for horizontal displacement volume  $\Delta Y$ , controlling the difference in degree of flatness of both long mirrors obtained using formula (13) and formula (15) with formula (3) using a tentative formula. Then, the y direction error of multiple alignment marks 62 on mask 60 and multiple alignment marks 63 on plate 61 is measured using alignment microscope 12. At this time, until measurement is completed, the error measured by alignment microscope 12 will not be corrected. After this, if the position of alignment marks 62 and 63 is taken as the horizontal axis, and the y direction measurement error is plotted on the vertical axis, the same results as shown in figure 7 are obtained, so it is possible to discretely obtain the difference in degree of flatness of  $\Delta h(i)$  of both long mirrors.

[0042]

Next, as a fifth process, by synthesizing the discrete difference in degree of flatness  $\Delta h(i)$  of both long mirrors and the mirror surface shape of each long mirror 7 and 8 itself measured by an interferometer, it is possible to obtain the difference in degree of flatness  $\Delta h(x)$  of the long mirrors at any position. If the degree of flatness of mask measurement long mirror 7 measured by an interferometer is  $k_m(x)$  and the degree of flatness of plate measurement long mirror 8 is  $k_p(x)$ , difference in degree of flatness of both long mirrors  $\Delta k(x)$  at the attitude measured by the interferometer becomes

$$\Delta k(x) = k_m(x) - k_p(x)$$

[0043]

Synthesis of the discrete difference in degree of flatness  $\Delta h(i)$  of both long mirrors and difference in degree of flatness  $\Delta k(x)$  of both long mirrors at the attitude measured by interferometers is done by partitioning  $\Delta k(x)$  at each segment  $[i, i + 1]$ , moving  $\Delta k(x)$  in the y direction to match  $\Delta h(i)$  and  $\Delta h(i + 1)$  at both ends of that section, and expanding or compressing in the y direction. Specifically, with the shift volume added to  $\Delta k(x)$  at each section as  $sft(i)$  and the gradient added at each section as  $mag(i)$ , the result is

$$\Delta h(i) = \Delta k(x) + sft(i) + mag(i) \times (x - i \times L) \quad [i \times L \leq x \leq (i + 1) \times L] \quad (17)$$

[0044]

For  $x = i \times L$ , this is

$$\Delta h(i) = \Delta k(i \times L) + \text{sft}(i) \quad (18)$$

and for  $x = (i + 1) \times L$ , this is

$$\Delta h(i + 1) = \Delta k((i + 1) \times L) + \text{sft}(i) + \text{mag}(i) \times L \quad (19)$$

so this results in

$$\text{sft}(i) = \Delta h(i) - \Delta k(i \times L) \quad (20)$$

$$\text{mag}(i) = [\Delta h(i + 1) - \Delta k((i + 1) \times L) - \Delta h(i) + \Delta k(i \times L)]/L \quad (21)$$

[0045]

Therefore, the result is that section  $i \times L \leq x \leq (i + 1) \times L$

$$\Delta h(x) = \Delta k(x) + \text{sft}(i) + \text{mag}(i) \times (x - i \times L) \quad (22)$$

Note that  $\text{sft}(i)$  and  $\text{mag}(i)$  are respectively given by formula (20) and formula (21).

Furthermore, if  $\text{sft}(i)$  and  $\text{mag}(i)$  are obtained for all sections, it is possible to continuously obtain difference in degree of flatness  $\Delta h(x)$  at any position.

[0046]

Note that when the interval  $L$  between corner cube 19c fixed on mask stage 3 and reflective mirror 21c and the interval  $L$  between corner cube 20c fixed to plate stage 4 and reflective mirror 21e are made considerably narrow, it is also possible to do linear interpolation between discrete difference in degree of flatness  $\Delta h(i)$  and  $\Delta h(i + 1)$  for adjacent long mirrors without continuously measuring the shape of both long mirrors 7 and 8 themselves. Also, with increased scale of long mirrors, when the continuous degree of flatness of long mirrors is divided and measured,  $\Delta k(x)$  used with the section  $[i \times L \leq x \leq (i + 1) \times L]$  of formula (22), in other words,  $k_m(x)$  and  $k_p(x)$ , it is preferable to obtain these with the same measurement.

[0047]

#### Merits of the Invention

As described above, with the scan type exposure apparatus and measurement method of the present invention, it is possible to secure a high level of exposure precision without depending on the degree of flatness of long mirrors.

#### Brief Description of the Figures

[Figure 1] This is a perspective view that shows the structure of a working example of the scan type exposure apparatus of the present invention.

[Figure 2] This is a layout diagram when the surface precision of long mirrors is continuously measured.

[Figure 3] This is a plane diagram that shows a mask used to measure errors that occur due to tentative formulas.

- [Figure 4] This is an expanded view that shows marks used for masks for error measurement.
- [Figure 5] This is a plane diagram that shows a plate on which marks of a mask for measuring errors have been transferred.
- [Figure 6] This is an expanded view that shows the image of a mark transferred by the second exposure.
- [Figure 7] This is an explanatory diagram that shows exposure error distribution.
- [Figure 8] This is a plane view that shows a separate (a) mask and (b) plate used for measuring error that occurs due to tentative formulas.
- [Figure 9] This is a perspective view that partially shows the scan type exposure apparatus of figure 1.

#### Explanation of Code Numbers

- 1 Stand
- 2 Carriage
- 3 Mask stage
- 4 Plate stage
- 5 Mask
- 6 Plate
- 7 Mask long mirror
- 8 Plate long mirror
- 9, 10, 11 Fine adjusters
- 12, 13 Alignment microscope
- 14a to 14e Mask illumination area
- 15a to 15e Plate exposure area
- $I_{x1}$ ,  $I_{x2}$ ,  $I_{cx}$ ,  $I_{my}$ ,  $I_{py}$ ,  $I_{ck}$  Interferometer
- 16a, 17a, 18a, 19a, 20a, 21a Beam splitter
- 16b to 16e, 17b to 17e, 18b to 18e Reflective mirror
- 19b, 20b, 21b to 21e Reflective mirror
- 19c, 20c Corner cube
- 19d, 19e, 20d, 20e  $\lambda/4$  plate
- 25 Control device
- 26 Memory device
- 30 Laser light source
- 31 Beam expander
- 32 Lens

33 Half mirror  
34 Rear surface  
35 Reference surface  
36 Detector  
40 Error measurement mask  
41 Mark  
42, 43 Mask alignment mark  
44, 45 Plate alignment mark  
46, 47 Plate alignment mark transfer mark  
48 Error measurement plate  
49 Mark transfer mark  
50 Regression line  
60 Error measurement mask  
61 Error measurement plate  
62, 63 Alignment mark

Figures:

Figure 2

Figure 3

Figure 1

Figure 4

Figure 5

Figure 6

Figure 7

y direction net exposure error  
Mark position

Figure 8

Figure 9

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-284416

(43) 公開日 平成10年(1998)10月23日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	P I
H 01 L 21/027		H 01 L 21/30 518
G 03 F 7/20	5 2 1	G 03 F 7/20 521
9/00		9/00 H
// G 02 F 1/13	1 0 1	G 02 F 1/13 101
		H 01 L 21/30 5162

審査請求 未請求 請求項の数6 FD (全11頁)

(21) 出願番号 特願平9-110484

(22) 出願日 平成9年(1997)4月10日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 土屋 誠

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 奈良 圭

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

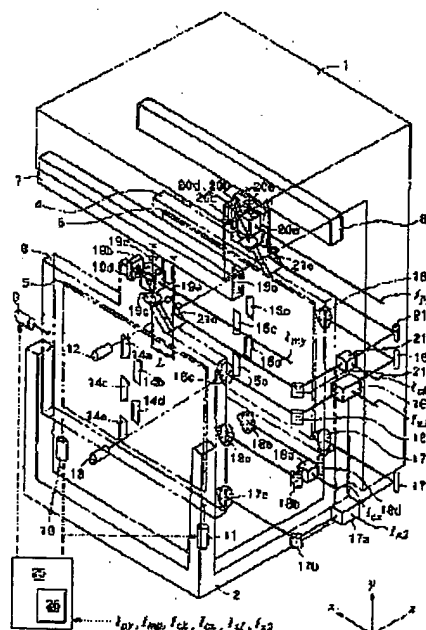
(74) 代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54) 【発明の名称】 走査型露光装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 長尺鏡の面精度によらずに、高精度に走査露光することができる走査型露光装置を提供する。

【解決手段】 パターンが形成されたマスク5と、パターンの像を感光基板6に投影する投影光学系と、投影光学系に対してマスクと感光基板とを同期して投影光学系の光軸と直交する第1方向Yに移動させる第1移動機構とを備えた走査型露光装置において、第1方向Yに沿って固設され、マスク5と対向する反射面を有した第1の反射鏡7と、第1方向Yに沿って固設され、感光基板6と対向する反射面を有した第2の反射鏡8と、第1移動機構による移動に応じて、マスクと第1の反射鏡との距離を検出する第1の干渉系 $I_{10}$ と、第1移動機構による移動に応じて、感光基板と第2の反射鏡との距離を検出する第2の干渉系 $I_{20}$ と、両干渉系 $I_{10}$ 、 $I_{20}$ の検出結果に基づいて求められた、両反射面の平面度差に関するデータを記憶する記憶手段26とを設けた。



(2)

特開平10-284416

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】パターンが形成されたマスクと、前記マスクのパターンの像を感光基板上に投影する投影光学系と、前記投影光学系に対して前記マスクと前記感光基板とを同期して前記投影光学系の光軸と直交する第1方向に移動させる第1移動機構とを備えた走査型露光装置において、

前記第1方向に沿って固設され、前記マスクの所定の端面と対向する反射面を有した第1の反射鏡と、  
前記第1方向に沿って固設され、前記感光基板の所定の端面と対向する反射面を有した第2の反射鏡と、  
前記第1移動機構による前記移動に応じて、前記マスクの所定の端面と前記第1の反射鏡との距離に関する量を検出する第1の干渉系と、

前記第1移動機構による前記移動に応じて、前記感光基板の所定の端面と前記第2の反射鏡との距離に関する量を検出する第2の干渉系と、

前記第1の干渉系と前記第2の干渉系との検出結果に基づいて求められた、前記第1の反射鏡の前記反射面と前記第2の反射鏡の前記反射面との平面度差に関するデータを記憶する記憶手段とを設けたことを特徴とする走査型露光装置。

【請求項2】請求項1記載の走査型露光装置において、前記マスクと前記感光基板との少なくとも一方を前記投影光学系の光軸と前記第1方向とに直交する方向に移動する第2移動機構と、  
前記第1移動機構による前記移動中に、前記記憶手段に記憶された前記データに基づいて前記第2移動機構を制御する制御手段とを設けたことを特徴とする走査型露光装置。

【請求項3】請求項1記載の走査型露光装置において、前記平面度差に関するデータは、前記固設される前の前記第1の反射鏡の前記反射面と前記第2の反射鏡の前記反射面との平面度に関するデータにより補完されていることを特徴とする走査型露光装置。

【請求項4】マスクのパターンの像を投影光学系により感光基板上に投影するとともに、前記投影光学系に対して前記マスクと前記感光基板とを同期して前記投影光学系の光軸と直交する第1方向に移動させて前記マスクのパターンの像を露光する走査型露光方法において、

前記マスクの所定の端面と対向する反射面を有し前記第1方向に沿って固設された第1の反射鏡と、前記マスクの所定の端面との距離に関する量を前記移動に応じて離散的に検出する第1ステップと、

前記感光基板の所定の端面と対向する反射面を有し前記第1方向に沿って固設された第2の反射鏡と、前記感光基板の所定の端面との距離に関する量を前記移動に応じて離散的に検出する第2のステップと、

前記第1、第2ステップの検出結果に基づいて、前記第1の反射鏡の前記反射面と前記第2の反射鏡の前記反射

面との平面度差に関するデータを求めるステップとを含むことを特徴とする走査型露光方法。

【請求項5】請求項4記載の走査型露光方法において、前記平面度差に関するデータを求めるステップは、前記固設される前の前記第1の反射鏡の前記反射面と前記第2の反射鏡の前記反射面との平面度に関するデータに基づいて求められることを特徴とする走査型露光方法。

【請求項6】請求項4または請求項5記載の走査型露光方法において、

前記露光中に前記平面度差に関するデータに応じて、前記マスクと前記感光基板との少なくとも一方を前記投影光学系の光軸と前記第1方向とに直交する方向に移動するステップを含むことを特徴とする走査型露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は走査型露光装置に関する。特に走査途中におけるマスクステージとプレートステージとの位置ずれの補正に関する。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】最近の液晶基板の大型化に対応するために、特開平8-184113号には、マスクの法線と走査方向との双方に直交する横方向についてのマスクとプレートとの間の相対的な位置ずれを計測するための基準となる、走査方向に延びた長尺鏡の面精度を厳しくすることなく、走査露光する技術が開示されている。しかし、この技術においては、長尺鏡に短い周期のうねりがある場合に、マスクとプレートとの間の補ずれを無視できるレベルに高精度に保つことが出来ないという不都合があった。本発明はこの問題点に鑑み、長尺鏡の面精度によらずに、高精度に走査露光することが出来る走査型露光装置とその手法を提供することを課題とする。

【0003】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、一実施例を表す図1に対応付けて説明すると、パターンが形成されたマスク

(5)と、前記マスクのパターンの像を感光基板(6)に投影する投影光学系と、前記投影光学系に対して前記マスクと前記感光基板とを同期して前記投影光学系の光軸と直交する第1方向に移動させる第1移動機構とを備えた走査型露光装置において、前記第1方向に沿って固設され、前記マスクの所定の端面と対向する反射面を有した第1の反射鏡(7)と、前記第1方向に沿って固設され、前記感光基板の所定の端面と対向する反射面を有した第2の反射鏡(8)と、前記第1移動機構による前記移動に応じて、前記マスクの所定の端面と前記第1の反射鏡との距離に関する量を検出する第1の干渉系(1、2、3、4、5、6、7、8)と、前記第1移動機構による前記移動に応じて、前記感光基板の所定の端面と前記第2の反射鏡との距離に関する量を検出する第2の干渉系

(3)

特開平10-284416

3

4

( $I_{11}, I_{12}, I_{13}, I_{14}$ )と、前記第1の干渉系と前記第2の干渉系との検出結果に基づいて求められた、前記第1の反射鏡の前記反射面と前記第2の反射鏡の前記反射面との平面度差に関するデータを記憶する記憶手段(26)とを設けたことを特徴とする走査型露光装置である。

【0004】本発明はまた、マスク(5)の 패턴の像を投影光学系により感光基板(6)に投影するとともに、前記投影光学系に対して前記マスクと前記感光基板とを同期して前記投影光学系の光軸と直交する第1方向に移動させて前記マスクの图案の像を露光する走査型露光方法において、前記マスクの所定の端面と対向する反射面を有し前記第1方向に沿って固設された第1の反射鏡(7)と、前記マスクの所定の端面との距離に関する量を前記移動に応じて検出する第1ステップと、前記感光基板の所定の端面と対向する反射面を有し前記第1方向に沿って固設された第2の反射鏡(8)と、前記感光基板の所定の端面との距離に関する量を前記移動に応じて検出する第2のステップと、前記第1、第2ステップの検出結果に基づいて、前記第1の反射鏡の前記反射面と前記第2の反射鏡の前記反射面との平面度差に関するデータを求めるステップとを含むことを特徴とする走査型露光方法である。

【0005】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1に本発明による走査型露光装置の一実施例の概略構成を示す。以下の説明では、走査方向、すなわち縦方向をx軸とし、マスク5と同一面内においてx軸に直交する横方向をy軸とし、マスク5の法線方向をz軸とする座標系をとっている。超高圧水銀ランプ等の光源(不図示)から射出された照明光は、光ファイバー等(不図示)を介して、5つ照明光学系(不図示)に導かれる。各照明光学系は、それぞれフライアイレンズ、視野絞り等(不図示)を含んで構成される。各照明光学系から射出されたそれぞれの照明光は、マスク5上の異なる照明領域14a~14eを均一に照明する。マスク5を通過した各光束は、それぞれ等倍正立の結像を行う5つの投影レンズ部を有した投影光学系PL(図9参照)を介して、感光基板であるプレート6上の異なる露光領域15a~15eを露光し、こうしてマスク5上の照明領域14a~14eの图案の像をプレート6上に結像する。各照明領域14a~14eはそれぞれ分離して配置されているが、各照明領域14a~14eのx方向の幅をx方向に積算した積算幅は、同一の幅を持ってy方向に連続するように形成されている。

【0006】各照明光学系と各投影光学系は、架台1によって支持されている。架台1には、駆動装置(不図示)によってx方向に走行駆動されるキャリッジ2が搭載されており、このキャリッジ2に、マスクステージ3とプレートステージ4とが保持されている。マスクステ

ージ3にはマスク5が保持されており、プレートステージ4にはプレート6が保持されており、こうしてキャリッジ2をx方向に走査することにより、マスク5上の图案の全体がプレート6上に転写される。マスクステージ3は、微動機9~11を介してキャリッジ2に支持されており、すなわちx方向微動機9によってマスクステージ3のx方向の位置を微動し、y方向微動機10、11によってマスクステージ3のy方向の位置とz軸回りの回転方向とを微動できるように構成されている。

【0007】一方、プレートステージ4は、プレート6の厚みムラや傾きの影響を補正し、同時にマスク图案の結像面に一致させるために、3つ以上のz方向微動機(不図示)を介してキャリッジ2に支持されており、こうしてz方向の微動(オートフォーカス)と、x軸回り及びy軸回りの傾斜角度(オートレベリング)を調節できるように構成されている。また架台1には、マスク用長尺鏡7とプレート用長尺鏡8が固定されている。両長尺鏡7、8はx方向に長く延びた反射鏡であり、その反射面の法線はy方向を向いている。マスク用長尺鏡7はマスクステージ3に対向して配置され、プレート用長尺鏡8はプレートステージ4に対向して配置されている。

【0008】図9は、図1の走査型露光装置を部分的に表わした斜視図である。投影光学系PLは、照明領域14a~14eのそれぞれの領域を通過した光束をプレート6に投影するため千鳥状に配置された5つの投影レンズ部を有している。なお、図9では5つの投影レンズ部を代表して投影光学系PLと表わしており、また、投影光学系PLの光軸をAXと示している。図9から明らかなように、マスク用長尺鏡7とプレート用長尺鏡8とは、投影光学系PLの光軸AXと直交する第1の方向であるX方向に沿って配設されている。

【0009】図1に戻ってマスクステージ3とプレートステージ4の位置と姿勢は、次のように6つの干渉計 $I_{11}, I_{12}, I_{13}, I_{14}, I_{21}$ 及び $I_{22}$ によって監視されている。先ず差動型干渉計 $I_{11}$ は、マスクステージ3とプレートステージ4とのx方向の相対的な位置ずれ(縦ずれ)を計測するためのものである。すなわち架台1に固定されたレーザー光源(不図示)から射出されたレーザー光束は、架台1に固定されたビームスプリット16aにより分割され、分割された各光束は、それぞれ架台1に固定された反射鏡16b、16dで反射し、それぞれマスクステージ3とプレートステージ4とに固定された反射鏡16c、16eで反射し、往路を逆進してビームスプリット16aで合成されて干渉し、干渉計 $I_{11}$ のレシーバ(不図示)に入射する。

【0010】差動型干渉計 $I_{22}$ は、干渉計 $I_{11}$ とはy方向に異なる位置において、マスクステージ3とプレートステージ4とのx方向の相対的な位置ずれ(縦ずれ)を計測するためのものである。すなわち干渉計 $I_{22}$ 用のレ



(4)

特開平10-284416

5

レーザー光束は、ビームスプリッタ17aにより分割され、分割された各光束は、それぞれ反射鏡17b、17dで反射し、それぞれマスクステージ3とプレートステージ4とに固定され反射鏡17c、17eで反射し、往路を逆進してビームスプリッタ17aで合成され、干渉計1<sub>1</sub>のレシーバに入射する。なお、マスクステージ3に固定した反射鏡16cと17cとの間隔と、プレートステージ4に固定した反射鏡16eと17eとの間隔は等しく、以降この間隔をHとする。マスクステージ3上の反射鏡16c、17c及びプレートステージ4上の反射鏡16e、17eの位置は、各ステージ3、4の中心から等距離にあることが望ましい。

【0011】測長型干渉計1<sub>1</sub>は、キャリアジ2の移動距離を計測するためのものである。すなわち干渉計1<sub>1</sub>用のレーザー光束は、ビームスプリッタ18aにより分割され、分割された各光束は、それぞれ架台1に固定された反射鏡18b、18dで反射し、一方の光束はマスクステージ3上に固定された反射鏡18cで反射し、他方の光束は投影光学系に固定された固定鏡18eで反射し、両光束は往路を逆進してビームスプリッタ18aで合成されて干渉し、干渉計1<sub>1</sub>のレシーバに入射する。こうして干渉計1<sub>1</sub>によって、マスクステージ3と固定鏡18eとのx方向の距離が計測される。

【0012】測長型干渉計1<sub>1</sub>は、マスクステージ3とマスク用長尺鏡7とのy方向の距離を計測するためのものである。また測長型干渉計1<sub>1</sub>は、プレートステージ4とプレート用長尺鏡8とのy方向の距離を計測するためのものである。両干渉計1<sub>1</sub>、1<sub>2</sub>は同様の構成であるので、干渉計1<sub>1</sub>についての説明をかって外に記載し、干渉計1<sub>2</sub>についての説明をかって内に記載する。すなわち干渉系1<sub>1</sub>、(1<sub>2</sub>)用のレーザー光束はマスクステージ3(プレートステージ4)に固定されたビームスプリッタ19a(20a)により2つの光束に分割される。この2つの光束の内のビームスプリッタ19a(20a)を透過した光束は、マスクステージ3(プレートステージ4)上に配設されたλ/4板19d(20d)を通り、マスクステージ3(プレートステージ4)上に配設された反射鏡19b(20b)で反射し、再びλ/4板19d(20d)を通る。λ/4板19d(20d)を通った光束は、ビームスプリッタ19a(20a)と、マスクステージ3(プレートステージ4)上に配設されたコーナキューブ19c(20c)と、ビームスプリッタ19a(20a)とをそれぞれ反射してλ/4板19d(20d)を通り反射鏡19b(20b)で反射し、λ/4板19d(20d)、ビームスプリッタ19a(20a)をそれぞれ通り干渉系1<sub>1</sub>、(1<sub>2</sub>)のレシーバに入射する。

【0013】ビームスプリッタ19a(20a)により分割された光束の内のビームスプリッタ19a(20a)で上方に反射された光束は、λ/4板19e(20e)を通り長尺鏡7(8)で反射し、λ/4板19e

(20e)とビームスプリッタ19a(20a)とをそれぞれ通りコーナキューブ19c(20c)で反射する。コーナキューブ19c(20c)で反射された光束は、ビームスプリッタ19a(20a)とλ/4板19e(20e)とをそれぞれ通り、長尺鏡7(8)で反射して、λ/4板19e(20e)を通りビームスプリッタ19a(20a)で反射されて干渉系1<sub>1</sub>、(1<sub>2</sub>)のレシーバに入射する。これにより、ビームスプリッタ19a(20a)により2つの光束に分割された光束は、再びビームスプリッタ19a(20a)で合成されて干渉してレシーバに入射する。

【0014】差動型干渉計1<sub>2</sub>は、両長尺鏡7、8を介して、マスクステージ3とプレートステージ4とのy方向の相対的な位置ずれを計測するためのものである。すなわち干渉計1<sub>2</sub>用のレーザー光束は、ビームスプリッタ21aにより分割され、分割された各光束は、それぞれ架台1に固定された反射鏡21b、21dで反射し、一方の光束はマスクステージ3上の反射鏡21cで反射し、マスク用長尺鏡7で反射する。他方の光束はプレートステージ4上の反射鏡21eで反射し、プレート用長尺鏡8で反射する。両光束は往路を逆進してビームスプリッタ21aで合成されて干渉し、干渉計1<sub>2</sub>のレシーバに入射する。なお、マスクステージ3に固定したコーナキューブ19cと反射鏡21cとのx方向の間隔と、プレートステージ4に固定したコーナキューブ20cと反射鏡21eとのx方向の間隔は等しく、以降この間隔をしとする。

【0015】キャリアジ2の位置をxとし、マスクステージ3とプレートステージ4とのx方向の相対的な位置ずれ量(縦ずれ量)をΔX(x)とし、y方向の相対的な位置ずれ量(横ずれ量)をΔY(x)とし、z軸回りの相対的な角度ずれ量をΔT(x)とする。また両長尺鏡7、8の平面度差をΔh(x)とする。平面度差Δhとは、マスク用長尺鏡7の反射面とプレート用長尺鏡8の反射面とのy方向の相対的な位置ずれ量(横ずれ量)である。各干渉計1<sub>1</sub>、1<sub>2</sub>、1<sub>3</sub>、1<sub>4</sub>、1<sub>5</sub>、1<sub>6</sub>の計測値をそれぞれ同じ文字を用いて、1<sub>1</sub>、1<sub>2</sub>、1<sub>3</sub>、1<sub>4</sub>、1<sub>5</sub>、1<sub>6</sub>と表すと、

$$\Delta X(x) = (I_{11} + I_{12}) / 2 \quad \cdots (1)$$

$$\Delta T(x) = (I_{11} - I_{12}) / H \quad \cdots (2)$$

$$\Delta Y(x) = I_{13} - I_{14} - \Delta h(x) \quad \cdots (3)$$

となる。

【0016】上記(1)～(3)式のうち、(1)式の縦ずれΔXと(2)式の角度ずれΔTの値は、干渉計1<sub>1</sub>、1<sub>2</sub>の計測値から直ちに得られる。また(3)式の横ずれΔYについては、平面度差Δhがキャリアジ2の位置xの関数として、制御装置25内の記憶装置26内に格納されており、このΔh(x)と干渉計1<sub>1</sub>、1<sub>2</sub>の計測値とから、横ずれΔYを求めている。こうしてx

(5)

特開平10-284416

7

8

ーｙ面内での縦ずれ $\Delta X$ と横ずれ $\Delta Y$ と角度ずれ $\Delta T$ に対して、制御装置25によって微動機9～11を駆動し、マスクステージ3の位置をｘ－ｙ面内で微調整することにより、走査露光時のマスクステージ3とプレートステージ4との相対的な位置関係を一定に保っている。

【0017】以下に、両長尺鏡7、8の平面度差 $\Delta h(x)$ の求め方について説明する。この平面度差 $\Delta h(x)$ は、各長尺鏡7、8自体の鏡面形状と、各長尺鏡7、8の架台1への取り付け姿勢に依存する。本実施例は、一方において各長尺鏡7、8自体の鏡面形状を連続的に測定し、他方において各長尺鏡7、8を架台1に取り付けたときの平面度差 $\Delta h(x)$ を能動的に測定し、しかる後に離散的に求められた平面度差 $\Delta h$ の各区間内を、両長尺鏡7、8の連続的な形状の差で補間することにより、平面度差 $\Delta h$ を $x$ の連続関数として求めるものである。

【0018】そこで先ず、各長尺鏡7、8自体の鏡面形状を連続的に求める方法について説明する。図2は各長尺鏡7、8の面精度を連続的に計測するための概要を示した図である。この計測は架台1への組み込み前、例えば、長尺鏡7、8の研磨終了時に、面精度の確認と計測を兼ねて行うのが効率的である。また計測時の長尺鏡7、8の姿勢は、架台1に組み込んだときの姿勢と同一とすることが望ましい。

【0019】レーザー光源30から射出されたレーザー光束は、ビームエキスパンダ31により光径を広げられ、レンズ32を通り平行光線となる。次いでレーザー光はハーフミラー33を透過し、透過光の一部はフィゾー素子の最終面に設けた参照面35で反射し、往路を逆進してハーフミラー33に戻る。参照面35の裏面34には反射防止膜がコーティングされている。他方、参照面35を透過したレーザー光は、マスク用長尺鏡7（又はプレート用長尺鏡8）で反射し、往路を逆進してハーフミラー33に戻る。参照面35で反射したレーザー光と長尺鏡7（8）で反射したレーザー光は干渉し、ハーフミラー33で反射し、検出器36に送る。こうして検出器36によって参照面35に対する長尺鏡7（8）の面精度を計測することができ、すなわち長尺鏡7

（8）の任意の点における平面度を求めることが可能となる。

【0020】なお液晶基板の大型化に伴い、長尺鏡7（8）は長くなることが予想されるが、参照面35よりも長くなった場合には、長尺鏡7（8）をずらして複数回の測定を行うことにより、全面を計測することができる。ただし、この場合、後述する干渉計 $I_{A0}$ 、 $I_{B0}$ 、 $I_{C0}$ による計測点をオーバーラップさせて計測する必要がある。また図2では長尺鏡7（8）の面精度の計測にフィゾー干渉計を用いているが、計測方法はこれに限られたものではない。

【0021】次に長尺鏡の平面度差を能動的に計測する

方法について説明する。計測はキャリッジ2を走査しながら、一定の計測間隔ごとに計測する。計測終了までは、マスクステージ3とプレートステージ4は相対的に固定し、すなわち微動機9～11は駆動しない。計測を行う間隔は、干渉計 $I_{A0}$ 又は干渉計 $I_{B0}$ の光束が長尺鏡7又は長尺鏡8で反射する位置と、干渉計 $I_{A0}$ の光束が長尺鏡7又は長尺鏡8で反射する位置との $x$ 方向の間隔とする。計測は次のように行う。長尺鏡7、8の一端にキャリッジ2を移動したときの干渉計 $I_{A0}$ 、 $I_{B0}$ 、 $I_{C0}$ の値を計測する。次いでキャリッジ2の位置を干渉計 $I_{A0}$ で計測しながら、キャリッジ2の位置を $x$ だけ移動し、その位置で干渉計 $I_{A0}$ 、 $I_{B0}$ 、 $I_{C0}$ の値を計測する。以下同様に、キャリッジ2の位置を $x$ だけ移動することにより、干渉計 $I_{A0}$ 、 $I_{B0}$ 、 $I_{C0}$ の値を計測する。

【0022】以下留断のために、長尺鏡上の離散的な計測位置 $i$ における干渉計 $I_{A0}$ 、 $I_{B0}$ 、 $I_{C0}$ の計測値をそれぞれ $I_{A0}(i)$ 、 $I_{B0}(i)$ 、 $I_{C0}(i)$ と表記する。すなわち離散的な位置を意味するときには変数 $i$ を使用し、連続的な位置を意味するときには変数 $x$ を使用する。なお明らかに、同一のキャリッジ2の位置において計測されるのは、 $I_{A0}(i)$ 、 $I_{B0}(i)$ 、 $I_{C0}(i-1)$ である。また、計測開始位置での干渉計の値を $I_{A0}(1)$ 、 $I_{B0}(1)$ 、 $I_{C0}(0)$ とする。

【0023】干渉計 $I_{A0}$ は、マスクステージ3とマスク用長尺鏡7との $y$ 方向の間隔を計測しており、干渉計 $I_{B0}$ は、プレートステージ4とプレート用長尺鏡8との $y$ 方向の間隔を計測している。したがってこれらの両干渉計 $I_{A0}$ 、 $I_{B0}$ の計測値には、両長尺鏡7、8の平面度差 $\Delta h$ 以外に、キャリッジ2のローリング誤差（ $x$ 軸回りの回転）と、干渉計リセット時のオフセットが含まれる。計測位置 $i$ における両長尺鏡の平面度差を $\Delta h(i)$ とし、ローリング量を $r(i)$ とし、両干渉計 $I_{A0}$ 、 $I_{B0}$ のリセット時のオフセットをそれぞれ $A$ 、 $B$ とする。

【0024】両干渉計 $I_{A0}$ 、 $I_{B0}$ の計測値の差として $I_{AB}(i)$ を新たに、

$$I_{AB}(i) = I_{A0}(i) - I_{B0}(i) \quad \cdots (4)$$

と定義すると、次式が成り立つ。

$$I_{AB}(i) = I_{A0}(i) - I_{B0}(i) = \Delta h(i) + r(i) + A - B \quad \cdots (5)$$

(5)式中、 $I_{AB}(i)$ は測定値であり、右辺は未知である。

【0025】また干渉計 $I_{C0}$ は、両長尺鏡7、8を介して、マスクステージ3とプレートステージ4との $y$ 方向の位置ずれを計測している。したがって干渉計 $I_{C0}$ の計測値には、両長尺鏡7、8の平面度差 $\Delta h$ と、キャリッジ2のローリングに起因する誤差 $r$ と、干渉計リセット時のオフセット $C$ のほか、更に、マスクステージ3とプレートステージ4との縦ずれ $\Delta X$ と、 $z$ 軸回りの角度ずれ $\Delta T$ に起因する位置ずれが含まれる。また同時に計

(6)

特開平10-284416

9

10

測された干渉計  $I_{x1}, I_{x2}, I_{x3}$  の計測値に含まれるロ \* で表される。ーリング値は等しい。したがって  $I_{x1}(i-1)$  は次式\*

$$I_{x1}(i-1) = \Delta h(i-1) + r(i) + C \\ + \Delta X(i-1) + \Delta T(i-1) \cdot H \quad \cdots (6)$$

【0026】横ずれ  $\Delta X$  と角度ずれ  $\Delta T$  は測定値である \* (8) 式となる。から、 $I_{x1}'$  を (7) 式で定義すると、(6) 式は \*

$$I_{x1}'(i) = I_{x1}(i) - \Delta X(i) - \Delta T(i) \cdot H \quad \cdots (7)$$

$$I_{x1}'(i-1) = \Delta h(i-1) + r(i) + C \quad \cdots (8)$$

(8) 式中、 $I_{x1}'(i-1)$  は測定値であり、右辺は ★ する誤差  $r$  を消去するために、 $\Delta H$  を (9) 式で定義する未知である。10 と、 $\Delta H$  は (5) 式と (8) 式から (10) 式のように

【0027】更に、キャリッジ2のローリングに起因する★ なる。

$$\Delta H(i) = I_{x1}(i) - I_{x1}'(i-1) \quad \cdots (9)$$

$$\Delta H(i) = \Delta h(i) - \Delta h(i-1) + A - B - C \quad \cdots (10)$$

(10) 式中、 $\Delta H(i)$  は干渉計  $I_{x1}, I_{x2}, I_{x3}$  ★ までの和を  $S(k)$  とし、長尺鏡の位置  $k$  を新たに位置  $i$  とし、 $I_{x1}, I_{x2}$  の計測値から求められ、右辺は未知である。  $i$  と標記すると、【0028】 $\Delta H(i)$  の  $i=1$  から  $i=k$  ( $k \geq 1$ ) ☆

$$S(i) = \Delta H(1) + \Delta H(2) + \cdots + \Delta H(i) \quad \cdots (11a)$$

$$S(i) = \Delta h(1) - \Delta h(0) + A - B - C \\ + \Delta h(2) - \Delta h(1) + A - B - C \\ + \cdots + \\ + \Delta h(i) - \Delta h(i-1) + A - B - C \\ = \Delta h(i) - \Delta h(0) + (A - B - C) \times i \quad (i \geq 1) \quad \cdots (11b)$$

となる。(11b) 式中、 $S(i)$  は測定値であり、右 ◆ おける長尺鏡の平面度差  $\Delta h(i)$  は、  
辺は未知である。かくして (11b) 式より、位置  $i$  に ◆

$$\Delta h(i) = S(i) + \Delta h(0) - (A - B - C) \times i \quad (i \geq 1) \quad \cdots (12)$$

となる。 $i=0$  のとき  $S(0) \equiv 0$  とおくと、 $i=0$  のときも (12) 式が成り立つ。

【0029】(12) 式の右辺中、 $S(i)$  は測定値で 30 あり、 $\Delta h(0)$  と  $(A - B - C) \times i$  が未知数である。このうち、 $\Delta h(0)$  は長尺鏡の計測位置  $i$  に拘らず常に一定のオフセットであるから、(3) 式より明らかなように、マスクステージ3とプレートステージ4との間の横ずれ量  $\Delta Y(x)$  は変化せず、すなわちマスクステージ3とプレートステージ4とのアライメントをすることにより誤差とならない。一方、 $(A - B - C) \times i$  は長尺鏡の位置  $i$  に依存して線形に変化するから、その係数  $(A - B - C)$  を求める必要がある。そこで次に係数  $(A - B - C)$  の求め方を示す。

【0030】先ず第1工程として、(12) 式中の  $S(i)$  を測定するために、キャリッジ2を走査して各干渉計の計測値を測定する。このとき既述のごとく、マスクステージ3とプレートステージ4との間の横ずれ量  $\Delta X$  は (1) 式によって連続的に計測され、 $x-y$  面内での角度ずれ量  $\Delta T$  は (2) 式によって連続的に計測されるから、これらのずれ量  $\Delta X$ 、 $\Delta T$  を一定に保ちながら、キャリッジ2を走査することができる。しかし横ずれ量  $\Delta Y$  は、平面度差  $\Delta h(x)$  が未知であるのみならず、その離散値  $\Delta h(i)$  も未知であるから、横ずれ量

$\Delta Y$  を一定に保つことはできない。そこで先ず、横ずれの調整は全く行わずにキャリッジ2を走査し、そのときの  $x=0, L, 2 \times L, \cdots, i \times L, \cdots$  での干渉計  $I_{x1}, I_{x2}$  の計測値  $I_{x1}(i), I_{x2}(i)$  を測定する。次いで第2工程として、(11a) 式によって  $S(i)$  を求める。

【0031】次いで第3工程として、(12) 式中の  $(A - B - C)$  を求めるために、図3に示す誤差計測用のマスク40をマスクステージ3にセットし、誤差計測用のプレートをプレートステージ4にセットして、1回目の走査露光を行う。但し、(12) 式中の  $S(i)$  は既知となったが、係数  $(A - B - C)$  は未知であるために、この係数  $(A - B - C)$  を無視し、すなわち両長尺鏡の平面度差の暫定式として、

$$\Delta h(i) = S(i) \quad \cdots (13)$$

を用いる。また、 $i$  は離散値であるから  $\Delta h(i)$  と  $\Delta h(i+1)$  の間を、1次式で補間する。すなわち計測位置  $i$  と干渉計  $I_{x1}$  で計測されるキャリッジ2の位置  $x$  との関係は、計測開始位置における干渉計  $I_{x1}$  の値を0とすると、次式で表される。

$$x = i \times L \quad \cdots (14)$$

【0032】したがって、キャリッジ2が長尺鏡上の計測位置  $i$  と  $i+1$  との間にあるときの両長尺鏡の平面度

11

差の暫定式 $\Delta h(x)$ は、次式で表される。

$$\Delta h(x) = [\Delta h(i+1) - \Delta h(i)] \times (x/L-1) + \Delta h(i) \quad \dots (15)$$

かくして(13)式と(15)式によって両長尺鏡の平面度差の暫定値が連続的に得られるから、(3)式によってマスクステージ3とプレートステージ4との間の横ずれ量 $\Delta Y$ を求め、この横ずれ量 $\Delta Y$ を一定に保ちながらキャリッジ2を走査する。

【0033】図3は誤差計測用のマスク40を示し、このマスク40にはx方向に1列に、またy方向には間隔Lごとに、複数のマーク41が描画されている。マーク41のy方向の間隔は、両長尺鏡の能散的平面度計測における計測間隔Lと一致させることが好ましい。図4は1つのマーク41の拡大図を示しており、露光位置検出用のパターンである。同図において斜線部は遮光領域であり、十文字状の部分が透光領域である。ここでは露光位置検出用に十字マークを用いたが、露光位置が検出できるマークであればどのようなマークでもかまわない。また、誤差検出用マスク40には、一対のマスク用アライメントマーク42、43と、一対のプレート用アライメントマーク44、45が描画されている。両マーク42、43；44、45は、図3に示すように、x方向とy方向との双方に若干ずらして配置されている。

【0034】マスク40の走査露光の後には、プレートを現像する。プレート48には、図5に示すように、複数のマーク41の転写マーク49のほか、マスク用アライメントマーク42、43の転写マーク（不図示）と、プレート用アライメントマーク44、45の転写マーク46、47が転写される。次いでマスク40とプレートを共に90度回転させて、それぞれマスクステージ3とプレートステージ4にセットし、マスク40上のマスク用アライメントマーク42、43と、プレート48上のプレート用アライメントマーク転写マーク46、47とのアライメントを行う。すなわち両マーク42、43；46、47の相対的な位置誤差をアライメント顕微鏡12、13により計測し、微動機9～11を駆動して、両マーク42、43；46、47の位置を台わせ、しかる後に2回目の露光を行う。

【0035】マスク40上のマスク用アライメントマーク42、43と、プレート用アライメントマーク44、45とは、x、y方向に若干ずれて配置されており、2回目の露光時には、マスク用アライメントマーク42、43と、プレート用アライメントマークの転写マークとを位置合わせした。したがって1回目の露光と2回目の露光の間では、マスク用アライメントマーク42、43とプレート用アライメントマーク44、45との間隔だけ、マスク40とプレート48とをずらして露光したことになる。

【0036】この結果、2回の露光によって得られる複数のマーク41の像49は、図6に示すように、十字マ

(7)

特開平10-284416

12

ークが2つある像となる。両方の十字マークの間隔を顕微鏡等で計測し、この測定値から、マスク40とプレート48との位置ずれ量を差し引くことにより、両方の十字マークの間の正味のずれ量を知ることができる。ここで微動機9～11の制御は、x方向には正確に制御しており、y方向には暫定式によって制御している。したがってマーク41とその像との間には、x方向にはずれがなく、y方向には暫定式によって制御したことによる誤差だけ位置ずれを生じる。すなわち1回目の露光において、マーク41とその像との間にはx方向にずれはなく、2回目の露光時には90度回転していたから、2回目の露光時の配置についていえば、マーク41とその1回目の像との間には、y方向にずれがない。また、2回目の露光時の配置について、マーク41とその2回目の像との間には、y方向に暫定式によって制御したことによる誤差だけ位置ずれを生じる。したがって両方の十字マークの間のy方向の正味のずれ量を計測することにより、暫定式によって制御したことによる誤差を知ることができる。

【0037】次いで第4工程として、係数(A-B-C)を求める。図7は横軸にマーク41の位置iを取り、縦軸にy方向、すなわち横方向の正味の位置ずれ量をプロットした図である。横方向の正味の位置ずれ量は、

$$-\Delta h(i) + (A-B-C) \times i \quad \dots (16)$$

となるから、図7のプロットした点から回帰直線50を求めると、その勾配が係数(A-B-C)となる。かくして(12)式より、両長尺鏡の能散的な平面度差 $\Delta h(i)$ を求めることができる。

【0038】なお、第3工程における微動機の制御は、S(i)を測定した各計測点においては、(A-B-C)×iを無視している点を除いて正しい制御が行われている。したがって正味の横ずれ量を測定する計測点は、S(i)を求めたときの計測点と一致させることが好ましい。なぜならば、S(i)を求めたときの計測点以外の点で正味の横ずれ量を測定すると、(A-B-C)×i以外の要素が加わるおそれがあるからである。正味の横ずれ量を測定する計測点と、S(i)を求めたときの計測点とを一致させるためには、先ずマーク41の間隔を、S(i)を求めたときの計測間隔Lと一致させる必要がある。次いで計測点自体を一致させるために、キャリッジ2の走査方向の基準位置を決める際に、2回目の露光の配置でマスク40をセットし、マスク40上のマーク41が露光位置に一致するところから、Lの整数倍でキャリッジを移動したところを基準位置とすれば良い。なお当然に、1回目の露光と2回目の露光との順序を逆転しても良い。

(8)

特開平10-284416

13

【0039】またこのように正味の横ずれ量を測定する計測点と、 $S(i)$ を求めたときの計測点とを一致させたときには、各計測点の中間位置での微動機の制御は、特に問題とならない。したがって本実施例では各計測点の間を単に線形に補間したが、例えば、各計測点の間を、両長尺鏡の実際の平面度差によって補間することもできる。このように各計測点の間を、両長尺鏡の実際の平面度差によって補間する手法は、正味の横ずれ量を測定する計測点と、 $S(i)$ を求めたときの計測点とを一致させることが困難なときに、有効である。

【0040】また、2回の露光によってy方向の位置ずれを能散的に計測する方法に代えて、露光を行わずに、次のようにしてy方向の位置ずれを能散的に計測することもできる。すなわち図8(a)と(b)に示すように、誤差計測用のマスク60とプレート61のy方向の一端側に、それぞれ複数のアライメントマーク62とアライメントマーク63を間隔してx方向に配置し、y方向の他端側に、それぞれアライメントマーク62bとアライメントマーク63bを配置する。このマスク60とプレート61をそれぞれマスクステージとプレートステージにセットし、マスク60上の複数のアライメントマーク62のうちの1つのアライメントマーク62aと、プレート61上の複数のアライメントマーク63のうちの1つのアライメントマーク63aをアライメントし、マスク60上のアライメントマーク62bと、プレート61上のアライメントマーク63bをアライメントすることにより、マスク60とプレート61の位置決めを行う。

【0041】次いで縦ずれ量 $\Delta X$ は(1)式によって正確に制御し、x-y面内での角度ずれ量 $\Delta T$ は(2)式によって正確に制御し、横ずれ量 $\Delta Y$ は、(13)式と\*

$$\Delta h(i) = \Delta k(x) + \text{sft}(i) + \text{maq}(i) \times (x - i \times L) \quad [i \times L \leq x \leq (i+1) \times L] \quad \dots (17)$$

となる。

※ ※ 【0044】 $x = i \times L$ において、

$$\Delta h(i) = \Delta k(i \times L) + \text{sft}(i) \quad \dots (18)$$

であり、 $x = (i+1) \times L$ において、

$$\Delta h(i+1) = \Delta k((i+1) \times L) + \text{sft}(i) + \text{maq}(i) \times L \quad \dots (19)$$

であるから、

$$\text{sft}(i) = \Delta h(i) - \Delta k(i \times L) \quad \dots (20)$$

$$\text{maq}(i) = [\Delta h(i+1) - \Delta k((i+1) \times L) - \Delta h(i) + \Delta k(i \times L)] / L \quad \dots (21)$$

となる。

【0045】したがって、区間： $i \times L \leq x \leq (i+1) \times L$ ★

$$\Delta h(x) = \Delta k(x) + \text{sft}(i) + \text{maq}(i) \times (x - i \times L) \quad \dots (22)$$

となる。ただし、 $\text{sft}(i)$ 、 $\text{maq}(i)$ はそれぞれ(20)、(21)式で与えられる。さらに、全区間で $\text{sft}(i)$ と $\text{maq}(i)$ を求めれば、任意の位置における連続的な平面度差 $\Delta h(x)$ を求めることができる。

14

\* (15)式によって得られる両長尺鏡の平面度差の暫定式を用いて(3)式によって制御しながら、キャリッジ2を走査する。そしてマスク60上の複数のアライメントマーク62と、プレート61上の複数のアライメントマーク63とのy方向の誤差をアライメント顕微鏡12を用いて計測する。その際、計測終了までは、アライメント顕微鏡12により計測された誤差は修正しない。しかる後、横軸にアライメントマーク62、63の位置を取り、縦軸にy方向の計測誤差をプロットすれば、図7と同様な結果が得られるから、両長尺鏡の離散的な平面度差 $\Delta h(i)$ を求めることができる。

【0042】次に第5工程として、両長尺鏡の能散的な平面度差 $\Delta h(i)$ と、干渉計で計測した各長尺鏡7、8自体の鏡面形状とを合成することにより、任意の位置における長尺鏡の平面度差 $\Delta h(x)$ を求める。干渉計で計測したマスク側長尺鏡7の平面度を $k_a(x)$ とし、プレート側長尺鏡8の平面度を $k_b(x)$ とすると、干渉計で計測した姿勢における両長尺鏡の平面度差 $\Delta k(x)$ は、

$$\Delta k(x) = k_a(x) - k_b(x)$$

となる。

【0043】両長尺鏡の能散的な平面度差 $\Delta h(i)$ と、干渉計で計測した姿勢における両長尺鏡の平面度差 $\Delta k(x)$ との合成は、各区間 $[i, i+1]$ ごとに $\Delta k(x)$ を区切り、その区間の両端で $\Delta h(i)$ と $\Delta h(i+1)$ とに一致するように、 $\Delta k(x)$ をy方向に移動し、且つy方向に拡大又は縮小することによって行う。すなわち各区間ごとに $\Delta k(x)$ に加算する移動量を $\text{sft}(i)$ とし、各区間ごとに加算する勾配を $\text{maq}(i)$ とすると、

★ $x \times L$ における長尺鏡の連続的な平面度差 $\Delta h(x)$ は、

【0046】なお、マスクステージ3に固定したコーナキューブ19cと反射鏡21cとの間隔L、ないしはプレートステージ4に固定したコーナキューブ20cと反射鏡21eとの間隔Lを相当に狭くしたときには、両長

(9)

特開平10-284416

15

16

尺鏡7、8自体の形状を連続的に測定せずに、長尺鏡の互いに隣接する離散的な平面度差 $\Delta h(i)$ と $\Delta h(i+1)$ との間を、線形に補間することもできる。また、長尺鏡の大型化によって、長尺鏡の連続的な平面度が分割して計測された場合には、(22)式の区間 $[i \times L \leq x \leq (i+1) \times L]$ で使用される $\Delta k(x)$ 、すなわち $k_i(x)$ と $k_{i+1}(x)$ は、同一の計測で得られたものが望ましい。

【0047】

【発明の効果】以上のように、本発明による走査型露光装置及び測定方法によれば、長尺鏡の平面度に依存することなく、高い露光精度を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による走査型露光装置の一実施例の構成を示す斜視図

【図2】長尺鏡の面精度を連続的に計測するときの配置図

【図3】暫定式によって生じる誤差を計測するために用いるマスクを示す平面図

【図4】誤差計測用マスクに用いるマークを示す拡大図

【図5】誤差計測用マスクのマークが転写されたプレートを示す平面図

【図6】2回の露光によって転写されたマークの像を示す拡大図

【図7】露光誤差分布を示す説明図

【図8】暫定式によって生じる誤差を計測するために用いる別の(a)マスクと(b)プレートを示す平面図

【図9】図1の走査型露光装置を部分的に表わした斜視図である。

【符号の簡単な説明】

1…架台

2…キャリッジ

3…マスクステージ

4…プレートステー

\*シ

5…マスク

6…プレート

7…マスク用長尺鏡

8…プレート用長尺鏡

9、10、11…微動機

12、13…アライメント顕微鏡

14a~14e…マスク照明領域

15a~15eプレート露光領域

16、17、18、19、20…干渉計

16a、17a、18a、19a、20a、21a…ビームスプリッタ

16b~16e、17b~17e、18b~18e…反射鏡

19b、20b、21b~21e…反射鏡

19c、20c…コーナキューブ

19d、19e、20d、20e…λ/4板

25…制御装置

26…記憶装置

30…レーザー光源

31…ビームエキスパンダ

32…レンズ

33…ハーフミラー

34…裏面

35…参照面

36…検出器

40…誤差計測用マスク

41…マーク

42、43…マスク用アライメントマーク

44、45…プレート用アライメントマーク

46、47…プレート用アライメントマーク転写マーク

48…誤差計測用プレート

49…マーク転写マーク

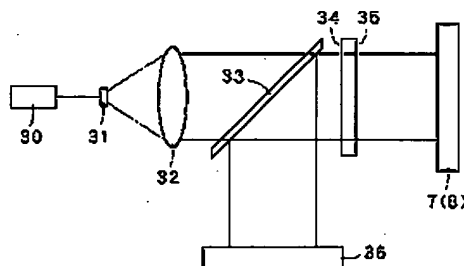
50…回帰直線

60…誤差計測用マスク

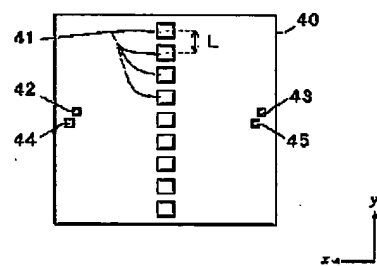
61…誤差計測用プレート

62、63…アライメントマーク

【図2】



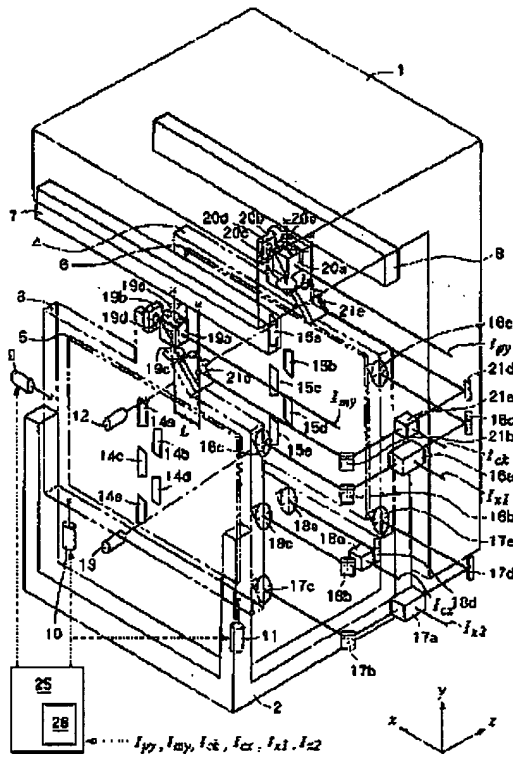
【図3】



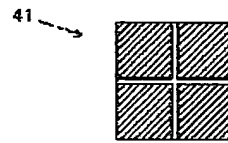
(10)

特開平10-284416

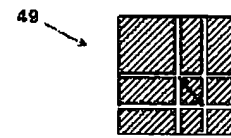
【図1】



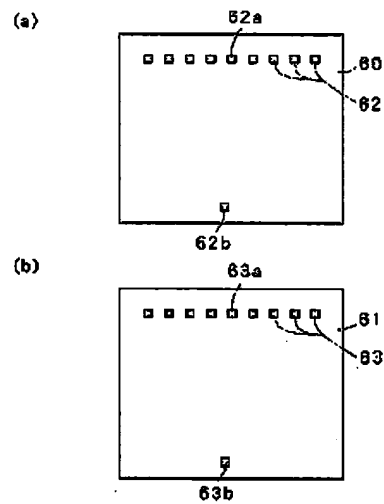
【図4】



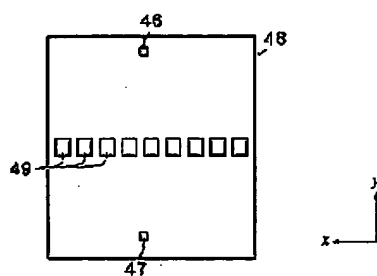
【図6】



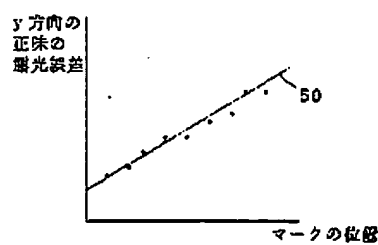
【図8】



【図5】



【図7】



(11)

特開平10-284416

【図9】

